

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

Návrh RTP s roboty Mitsubishi

Design of a Robotized Production Cell with the Mitsubishi Robots

Student:

Michal Krystyn

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Burkovič, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Krystyn**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2301R013 Robotika**
Specializace: **70 Robotika**
Téma: **Návrh RTP s roboty Mitsubishi**
Design of a Robotized Production Cell with the Mitsubishi Robots

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte možnosti využití robotů Mitsubishi v laboratoři UCR.
2. Navrhněte alternativní řešení jednoduchého laboratorního pracoviště pro manipulační operace.
3. Vyberte optimální dispoziční uspořádání manipulačního pracoviště.
4. Navrhněte konstrukční řešení vybraného uzlu.
5. Proveďte zhodnocení dosažených výsledků.
6. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online] Dostupné z www:
<<http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace/>>
- [2] KONEČNÝ, Z. *Základy technické dokumentace*. [online] Dostupné z www:
<http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka_dokumentace/titulni_strana.htm>
- [3] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory* [online] Dostupné z www:
<<http://robot2.vsb.cz/elekskripta/pram/index.html>>
- [4] BURKOVÍČ, J. *Navrhování RTP*. [online] Dostupné z www:
<<http://robot.vsb.cz/files/resources/navrhovani-rtp.pdf>>
- [5] SKAŘUPA, J. - ZELINA, P. *Hlavičky průmyslových robotů*. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1993. 105 s.
ISBN 80-7078-210-2

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Burkovič, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Michal Krystyn

Adresa trvalého pobytu autora práce: Lípová 282, Pustá Polom, 74769

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KRYSTYN, M. *Návrh RTP s roboty Mitsubishi: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Robototechniky, 2011, 50 s. Vedoucí práce: Ing. Burkovič Jan, Ph.D.

V bakalářské práci je vypracován projekt robotizovaného manipulačního pracoviště, ve kterém jsou použity průmyslové roboty MITSUBISHI RV-2AJ zakoupené pro katedru Robototechniky a instalované v laboratoři UCR. V úvodu práce je vypracovaná rešerše ohledně využití robotů Mitsubishi v laboratoři UCR. Dále jsou navrženy tři alternativní varianty, které jsou vyhodnoceny pomocí hodnotové analýzy a následně vybraná optimální varianta. Pro tuto variantu je navržen konstrukční uzel, pásový dopravník. Ten je zpracován a vymodelován v programu Pro/Engineer. Dále bakalářská práce obsahuje výkresovou dokumentaci daného pracoviště a konstrukčního uzlu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KRYSTYN, M. *Design of a Robotized Production Cell with the Mitsubishi Robots: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2011, 50 p. Bachelor thesis head: Ing. Burkovič, Jan, Ph.D.

The Bachelor thesis is developed a project robotic handling workplace that uses industrial robots MITSUBISHI RV-2AJ purchased for the Department of Robotics and installed in the laboratory UCR. In the beginning is developed a search using the robot Mitsubishi in laboratory UCR. Furthermore, it includes three alternative variants. These variants are evaluated using value analysis and then selected the optimal variant. For this variant is designed structural equipment - conveyor belt. It is processed and modeled in Pro / Engineer. Furthermore, the bachelor thesis contains drawing documentation of the workplace and structural equipment.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Burkovičovi Ph.D. za čas strávený konzultacemi, odbornou pomoc a užitečné rady při zpracování této práce.

OBSAH

Seznam použitých symbolů a značek	10
0 Úvod.....	11
1 Analýza možnosti využití robotů Mitsubishi v laboratoři UCR.....	12
1.1 Průmyslový robot Mitsubishi RV-2AJ.....	12
1.2 Technické parametry.....	13
1.3 Pracovní prostor robotu.....	14
1.4 Kinematická struktura robotu.....	15
1.5 Použití robotu v RTP.....	16
1.6 Řídící jednotka Mitsubishi CR1B-571.....	18
2 Návrh RTP pro manipulační operace	19
2.1 Požadavkový list	19
2.2 Varianta A	20
2.2.1 Popis:.....	20
2.2.2 Objekt manipulace.....	22
2.3 Varianta B	23
2.3.1 Popis:.....	23
2.3.2 Objekt manipulace.....	25
2.4 Varianta C	26
2.4.1 Popis:.....	26
2.4.2 Objekt manipulace.....	28
3 Výběr optimální varianty	29
3.1 Hodnoty kritérií.....	29
3.2 Významnost kritérií.....	29
3.3 Hodnocení jednotlivých kritérií.....	30
3.4 Určení významnosti metodou trojúhelníku párů	30
3.5 Určení váhy významnosti.....	31

3.6	<i>Hodnocení jednotlivých variant</i>	32
3.7	<i>Určení optimální varianty</i>	33
4	Konstrukční řešení pásového dopravníku	34
4.1	<i>Hnací buben</i>	35
4.2	<i>Opěrný váleček</i>	36
4.3	<i>Dopravníkový pás</i>	37
4.4	<i>Optický snímač</i>	37
4.5	<i>Konstrukce dopravníku</i>	38
4.6	<i>Výpočet pásového dopravníku</i>	39
4.7	<i>Volba motoru</i>	43
4.8	<i>Napínací zařízení</i>	44
5	Časová studie	45
6	Cenová studie	46
7	Závěr	47
8	Reference	48
8.1	<i>Literatura</i>	48
8.2	<i>Internetové zdroje</i>	48
9	Seznam příloh	50

Seznam použitých symbolů a značek

<i>Symbol</i>	<i>Význam</i>	<i>Jednotka</i>
B	šířka pásu	[mm]
b_v	světlá šířka	[mm]
D	průměr hnacího a hnaného bubnu	[mm]
d_1	průměr opěrného válečku	[mm]
F	obvodová síla	[N]
F_1	maximální tah v pásu v místě náběhu na buben	[N]
F_2	maximální tah v pásu na sbíhající straně bubnu	[N]
F_D	dovolená tahová síla v pásu	[N]
F_{Hh}	hlavní odpor v horní větvi dopravníku	[N]
F_{Hd}	hlavní odpor v dolní větvi dopravníku	[N]
F_{v2}	odpor vlivem ohybu pásu přes buben	[N]
F_{v3}	odpor vlivem čepového tření	[N]
f	součinitel tření mezi pásem a bubnem	[-]
g	gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]
k	počet kostek na dopravníku	[ks]
k_1	součinitel respektující vliv teploty	[-]
l	dopravní délka	[mm]
l_k	rozměr objektu manipulace (kostky)	[mm]
l_1	délka opěrného válečku	[m]
M_k	krouticí moment	[N·m]
m_1	hmotnost dopravovaného materiálu na dopravníku	[kg]
m_k	hmotnost objektu manipulace (kostky)	[kg]
m_{rd}	hmotnost rotujících částí jednoho válečků v dolní větvi dopravníku	[kg]
m_{rh}	hmotnost rotujících částí jednoho válečku v horní větvi dopravníku	[kg]
m_v	hmotnost 1m ² pásu	[kg·m ⁻²]
N	dopravní výkon	[ks·hod ⁻¹]
n_b	otáčky bubnu	[ot·min ⁻¹]
n_d	počet válečků v dolní větvi dopravníku	[ks]
n_h	počet válečků v horní větvi dopravníku	[ks]
P	výkon na hřídeli hnacího bubnu	[W]

q_1	hmotnost dopravovaného materiálu na 1m délky dopravníku	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}]$
q_2	hmotnost 1m pásu	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}]$
q_{rd}	hmotnost rotujících částí válečků v dolní větvi dopravníku	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}]$
q_{rh}	hmotnost rotujících částí válečků v horní větvi dopravníku	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}]$
s	síla pásu	$[\text{mm}]$
t_d	rozteč válečků v dolní větvi	$[\text{mm}]$
t_h	rozteč válečků v horní větvi	$[\text{mm}]$
v	rychlost dopravníku	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$
Z	napínací síla	$[\text{N}]$
α	úhel opásání v obloukové míře	$[\text{°}]$
η	účinnost převodu	$[-]$
μ	globální součinitel tření	$[-]$
μ_1	součinitel tření při dané teplotě	$[-]$

0 Úvod

Průmyslové roboty firmy Mitsubishi slouží zákazníkům po celém světě od roku 1978. V nejrůznějších aplikacích jsou oceňovány jejich dynamické vlastnosti, přesnost a opakovatelnost, kompaktní konstrukce a v neposlední řadě také příznivá cena. Pro nejširší spektrum aplikací v průmyslu je nyní nabízena řada robotů pro manipulaci s břemeny s hmotností do 5 kg.

Cílem bakalářské práce je navrhnout vhodné robotizované manipulační pracoviště s dvěma roboty firmy Mitsubishi s označením RV-2AJ, které jsou umístěny v laboratořích UCR. První část této bakalářské práce se zabývá analýzou robotizovaných pracovišť s roboty Mitsubishi. Dále jsou navrženy tři varianty řešení, z kterých pomocí hodnotové analýzy vybereme optimální variantu.

Druhá část bakalářské práce je zaměřena na vybraný konstrukční uzel optimální varianty, pásový dopravník. Navržené varianty jsou vymodelovány v 3D programu Pro/Engineer a výsledná varianta je doložena výkresovou dokumentací.

1 Analýza možnosti využití robotů Mitsubishi v laboratoři UCR

1.1 Průmyslový robot Mitsubishi RV-2AJ

Popis:

Mitsubishi RV- 2AJ jsou 5ti osé roboty navrženy tak, aby byly flexibilní a adaptabilní na mnoho úkolů, ve zpracovatelském průmyslu. Štíhlá konstrukce předurčuje robot pro použití ve stísněných prostorech, kde se provádějí manipulační operace a umísťují se komponenty s hmotností do 2 kg. Roboty mohou být použity v oblastech, jako jsou např. výzkumné laboratoře a zdravotnická zařízení.

Pohon střídavými servomotory s integrovanými číslicovými snímači absolutní polohy je zárukou velké přesnosti a spolehlivého provozu při minimální údržbě. Použití snímačů absolutní polohy umožňuje robot vypnout, kdykoliv je třeba.

V centru robototechniky jsou používány dva roboty Mitsubishi daného označení pro manipulaci s různými objekty. ([7])



Obr. 1 – Mitsubishi RV - 2AJ ([7])

1.2 Technické parametry

Typ	RV – 2AJ
Maximální nosnost:	2 kg
Maximální dosah (vertikální)	695 mm
Maximální dosah (horizontální)	410 mm
Opakovatelnost polohy	±0.02 mm
Hmotnost	17 kg
Počet stupňů volnosti	5
Pracovní teplota	0 – 40 °C
Spotřeba el. energie	0.2 kW
Struktura	Vertikálně kloubová
Montážní pozice	Podlaha, strop

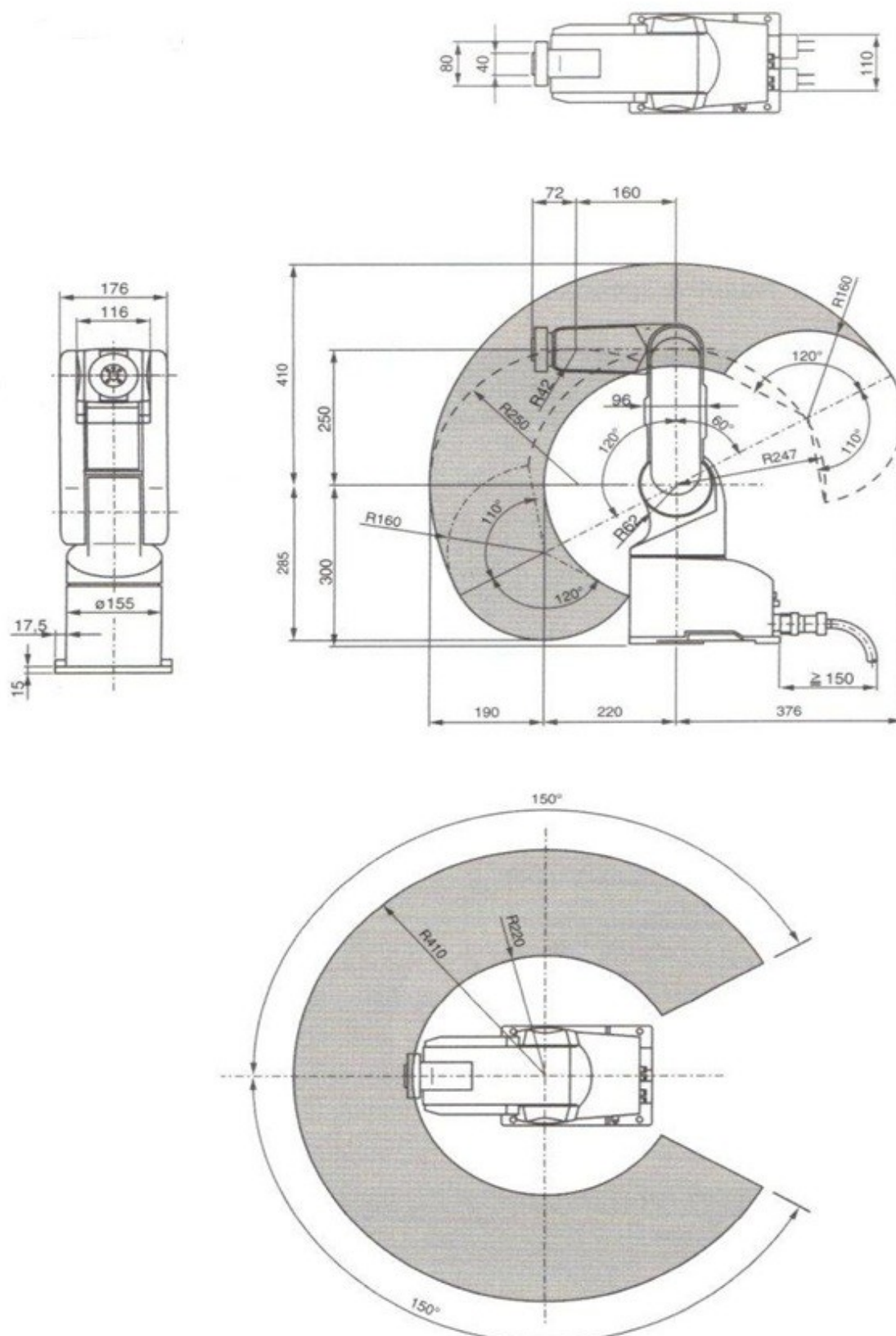
Tab. 1 – Parametry robotu ([7])

Parametry pohybu:

OSA	ROZSAH POHYBU	RYCHLOST
1	±150°	180°/s
2	+120°, -60°	90°/s
3	+120°, -110°	135°/s
4	±90°	180°/s
5	±200°	210°/s

Tab. 2 – Pracovní rozsah pohybu a maximální rychlosti os ([7])

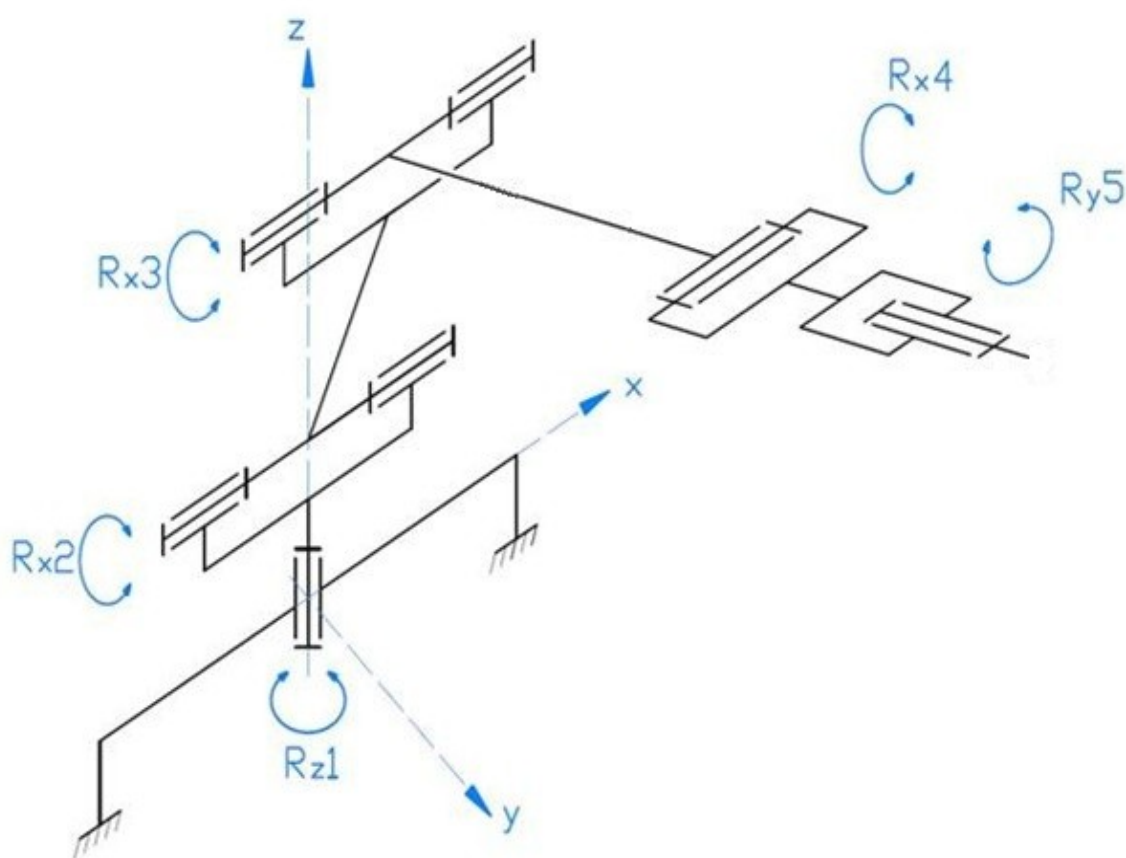
1.3 Pracovní prostor robotu



Obr. 2 – Pracovní prostor robotu a jeho rozměry

1.4 Kinematická struktura robotu

R_x	rotace v ose x
R_y	rotace v ose y
R_z	rotace v ose z

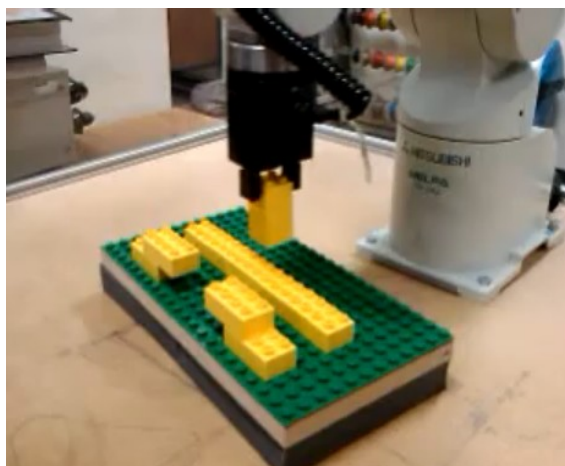


Obr. 3 – Kinematická struktura robotu ([6])

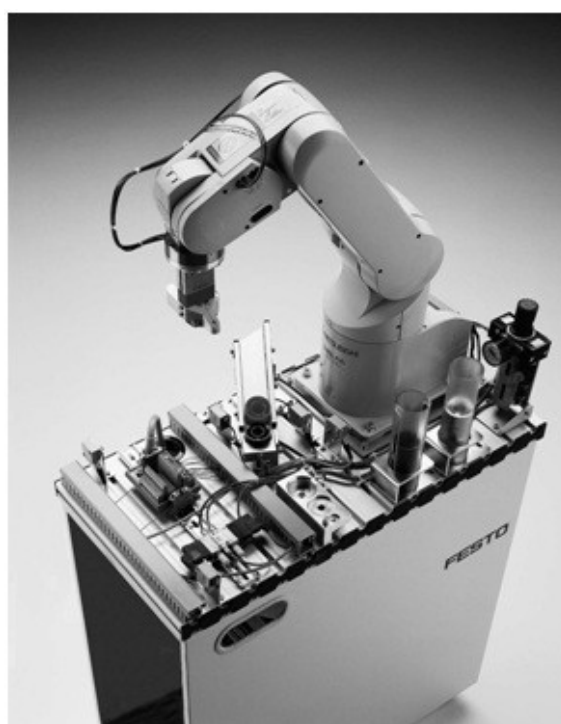
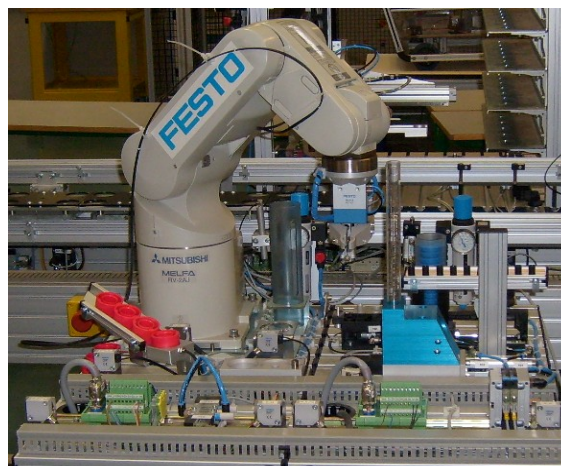
1.5 Použití robotu v RTP

Příklady robotizovaného pracoviště s robotem Mitsubishi RV – 2AJ:

MANIPULACE



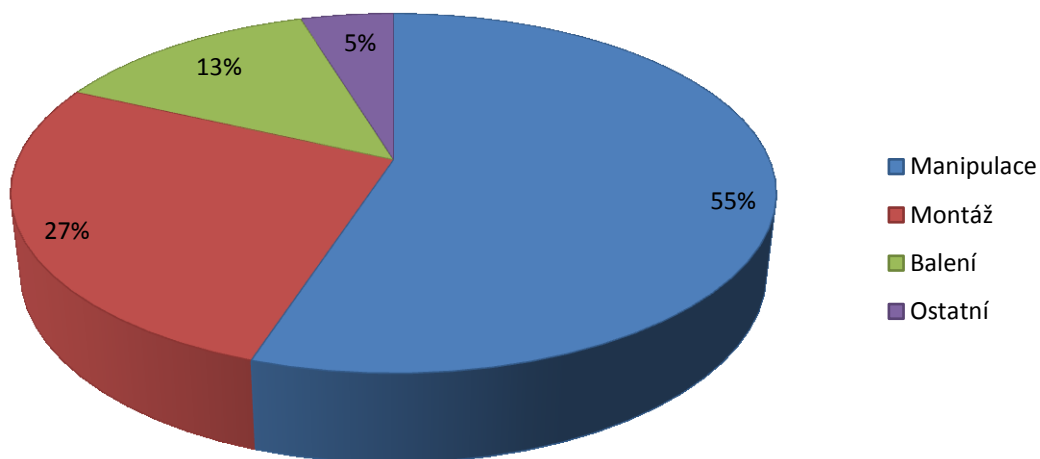
MONTÁŽ



Obr. 4 – Příklady RTP s robotem RV-2AJ

Aplikace:

- Montáže
- Balení
- Nanášení lepidel a tmelů
- Odjehlování
- Manipulace s materiálem
- Obsluha strojů
- Laboratorní úlohy (zdravotnictví, výzkumné laboratoře, elektrotechnické laboratoře)



Graf 1 – Využití průmyslového robotu Mitsubishi RV – 2AJ

1.6 Řídicí jednotka Mitsubishi CR1B-571

Srdcem robotického systému RV-2AJ je řídicí jednotka CR1B-571, která je malá rozměry, ale velká svými výkony. Jejím základem je velmi rychlý 64-bitový RISC procesor. Řídicí jednotka nové generace dále nabízí rychlou komunikaci, podporu plného více úlohového provozu a připojení do sítě Ethernet. Ve více úlohovém režimu je procesor schopen zpracovávat až 32 úloh najednou, to znamená, že robot se může používat k ovládání jiných zařízení a ve stejném čase vykonávat svoje vlastní úkoly. Jediná řídicí jednotka je schopna ovládat až 12 os.

Součástí řídicí jednotky je tzv. zaučovací jednotka (Teaching box) R28TB, s jejíž pomocí je robot řízený. ([8])

Rozměry	151x212x290 mm
Zdroj napětí	180-253 V, 50/60Hz
Pracovní teplota	0 – 40 °C
Relativní vlhkost vzduchu	45 – 85 %

Tab. 3 – Parametry řídicí jednotky ([8])



Obr. 5 - Řídicí jednotka Mitsubishi CR1B-571([8])

2 Návrh RTP pro manipulační operace

2.1 Požadavkový list

Požadavkový list obsahuje základní požadavky, které musí být bezpodmínečně dodrženy na robotizovaném technologickém pracovišti s roboty MITSUBISHI RV-2AJ v laboratoři UCR.

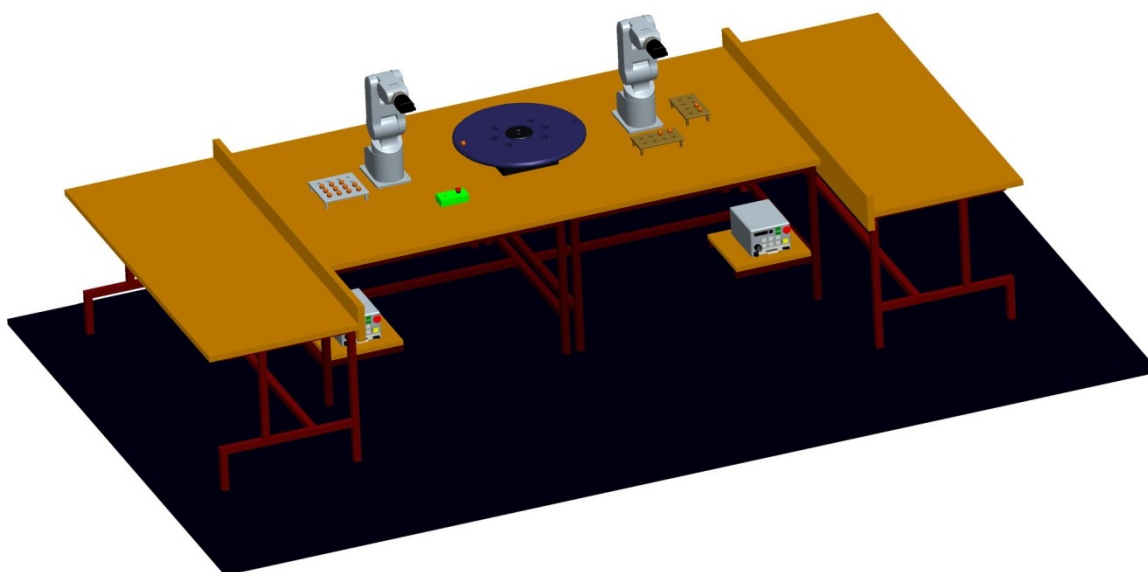
Druh činnosti RTP	Manipulace
Typ průmyslového robotu	Mitsubishi RV-2AJ
Počet robotů	2
Hmotnost objektu manipulace (OM)	$m_{OM} + \text{efektor} \leq 2 \text{ kg}$
Tvar OM	Předmět typu válec, kvádr, koule
Maximální rozměr OM	60 mm
Počet OM	5 – 20 ks
Pracovní plocha RTP	Délka 2700 mm Šířka 1350 mm

Tab. 4 – Požadavkový list

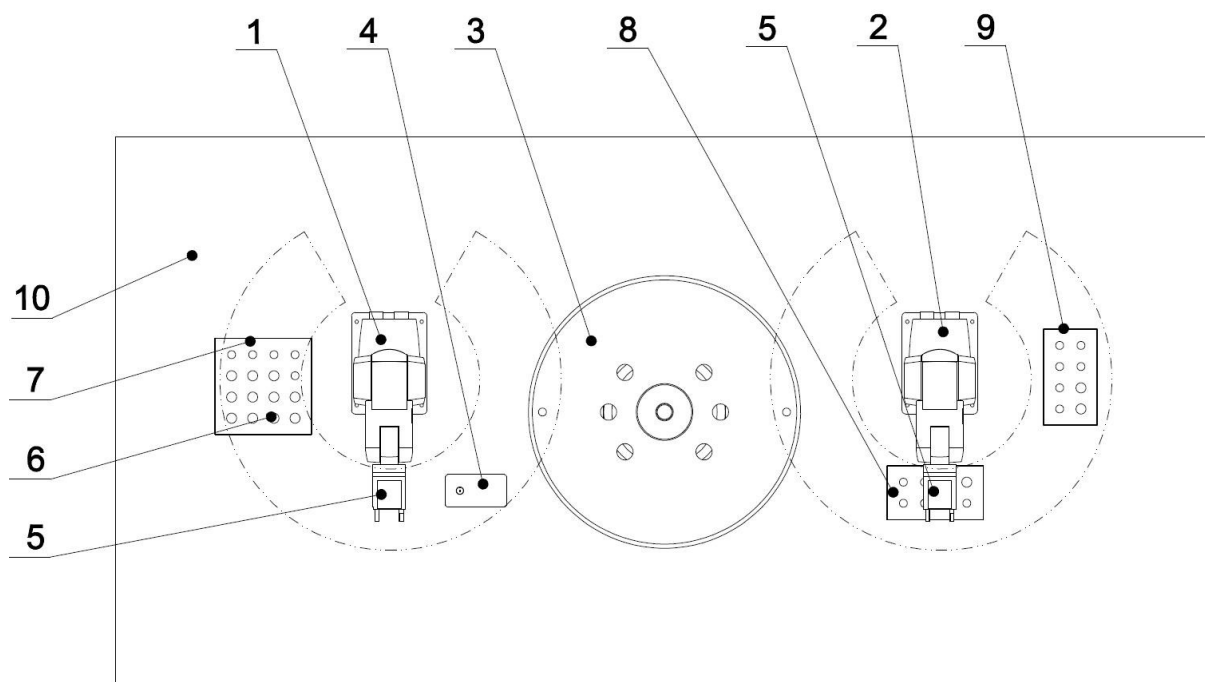
2.2 Varianta A

2.2.1 Popis:

První variantou RTP je laboratorní úloha, která je zaměřená na kontrolování žárovek (pozice 6) směřových světel osobního automobilu. Je to manipulační operace, kdy první průmyslový robot MITSUBISHI RV-2AJ (pozice 1) uchopí žárovku ze zásobníku (pozice 7) a vloží ji do kontrolního zařízení (pozice 4). Po sepnutí kontaktu ji vytáhne a dále přemístí na otočný stůl (pozice 3), které se po vložení a uvolnění žárovky prvním robotem, otočí o 180°. Následně druhý průmyslový robot MITSUBISHI RV-2AJ (pozice 2) uchopí žárovku z otočného stolu a podle kontrolního zařízení, které zjišťuje, zda je žárovka funkční nebo vadná, ji uloží do zásobníku na funkční žárovky (pozice 8) nebo do zásobníku na vadné žárovky (pozice 9). Celkově je kontrolováno 16 ks žárovek, z toho 8 je funkčních a 8 je vadných.



Obr. 6 – 3D model pracoviště varianty A



Obr. 7 – Schéma pracoviště varianty A

POZICE:

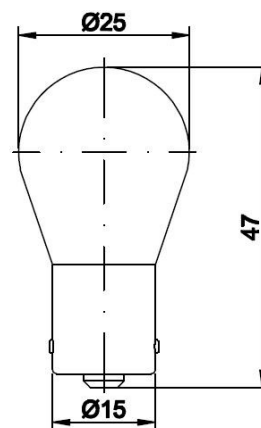
- [1] Průmyslový robot MITSUBISHI RV-2AJ – „1.“
- [2] Průmyslový robot MITSUBISHI RV-2AJ – „2.“
- [3] Otočný stůl
- [4] Kontrolní zařízení žárovek
- [5] Efektor MITSUBISHI
- [6] Objekt manipulace - žárovka
- [7] Vstupní zásobník žárovek
- [8] Výstupní zásobník na funkční žárovky
- [9] Výstupní zásobník na vadné žárovky
- [10] Pracovní stůl

2.2.2 Objekt manipulace

Objektem manipulace varianty A je žárovka do směrových světel osobního automobilu. Bude jich použito celkem 16ks, z toho 8 funkčních žárovek a 8 vadných žárovek.

Popis	Žárovka
Materiál	Sklo, plech
Hmotnost	0,036 kg
Počet	16 ks

Tab. 5 – OM varianty A

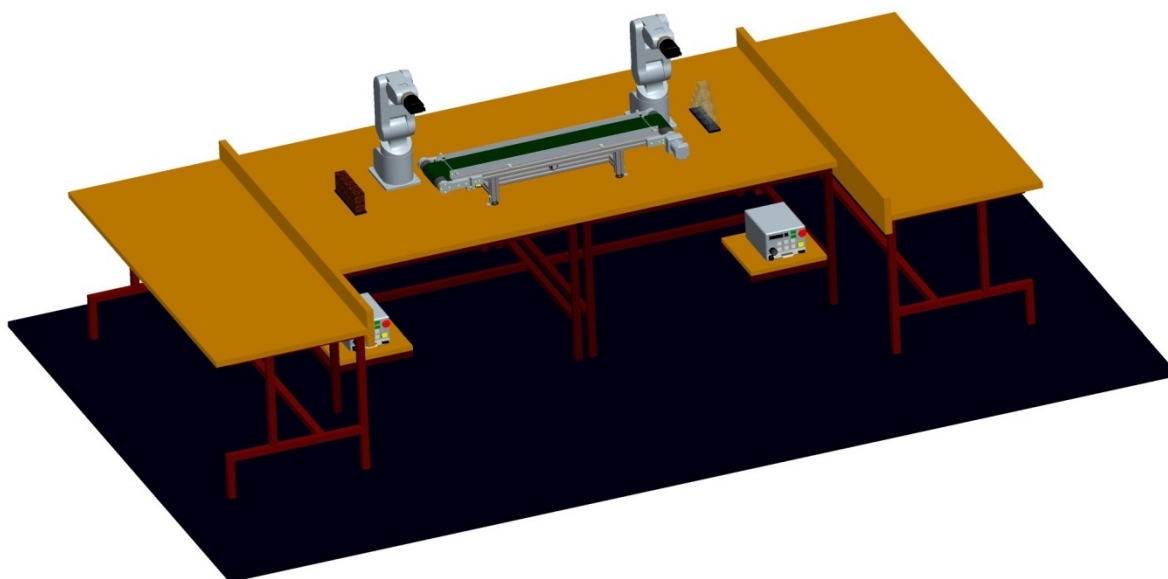


Obr. 8 – 3D model žárovky

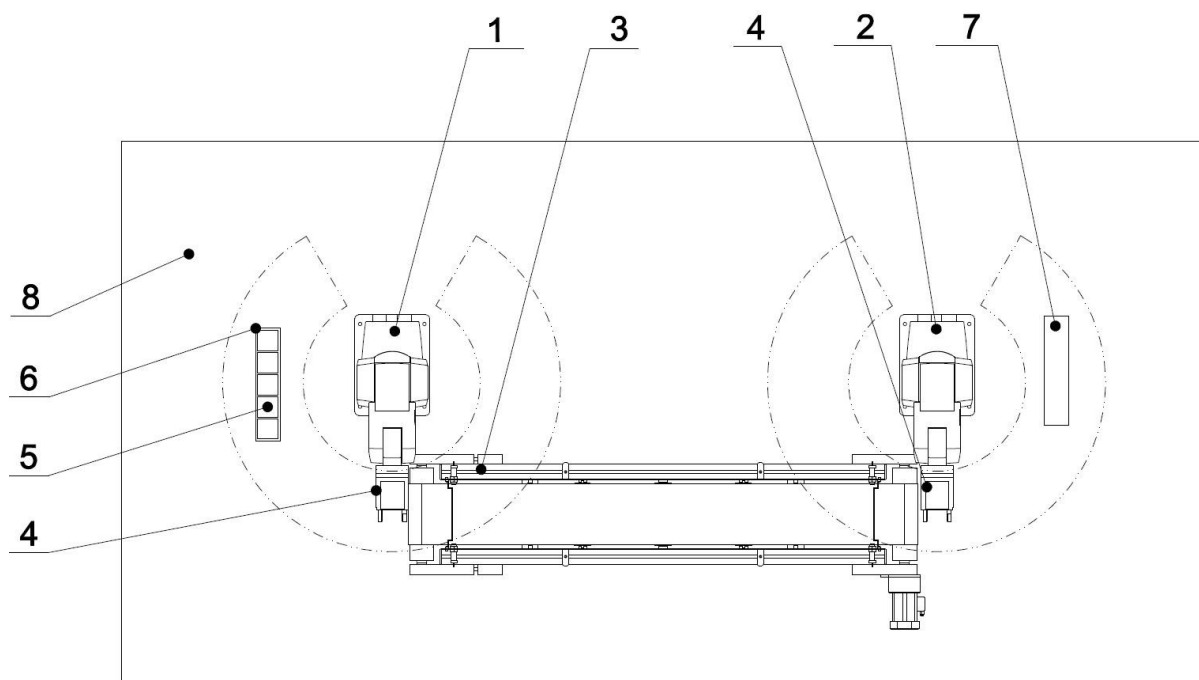
2.3 Varianta B

2.3.1 Popis:

V druhé variantě je navrženo manipulační RTP pro stavění pyramidy z kostek a následným přemístěním kostek na výchozí pozici. Pracoviště je navrženo tak, že první průmyslový robot MITSUBISHI RV-2AJ (pozice 1) uchopí kostku (pozice 5), která je umístěná na podkladové desce 1 (pozice 6) a přesune ji na pásový dopravník (pozice 3). Pásový dopravník dopraví kostku k druhému průmyslovému robotu MITSUBISHI RV-2AJ (pozice 2), který kostku uchopí a uloží na danou pozici na podkladovou desku „2“ (pozice 7), na které vznikne sestavená pyramida. Celkem se přemístí 10 kostek, z kterých se sestaví výsledná pyramida na podkladové desce 2. Po sestavení pyramidy se roboty vrátí do výchozí pozice. Následně se zapne reverzní chod na dopravníku a pomocí průmyslových robotů MITSUBISHI RV-2AJ se přemístí všechny kostky na výchozí pozici.



Obr. 9 – 3D model pracoviště varianty B



Obr. 10 – Schéma pracoviště varianty B

POZICE:

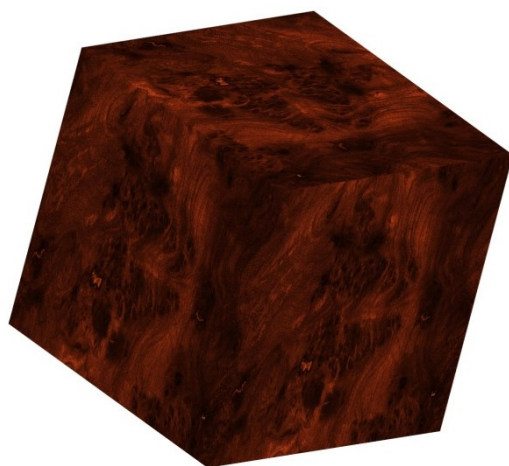
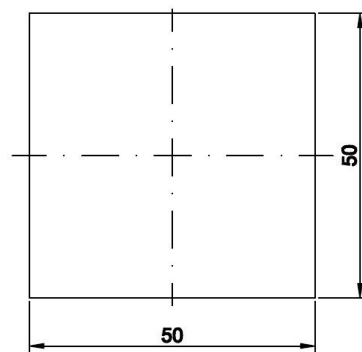
- [1] Průmyslový robot MITSUBISHI RV-2AJ – „1.“
- [2] Průmyslový robot MITSUBISHI RV-2AJ – „2.“
- [3] Pásový dopravník
- [4] Efektor MITSUBISHI
- [5] Objekt manipulace - kostka
- [6] Podkladová deska 1
- [7] Podkladová deska 2
- [8] Pracovní stůl

2.3.2 Objekt manipulace

Objektem manipulace varianty B je dřevěná kostka (krychle) o rozměrech 50 x 50 x 50 mm, která slouží k sestavení pyramidy.

Popis	Kostka
Materiál	Dřevo
Hmotnost	0,112 kg
Počet	10 ks

Tab. 6 – OM varianty B

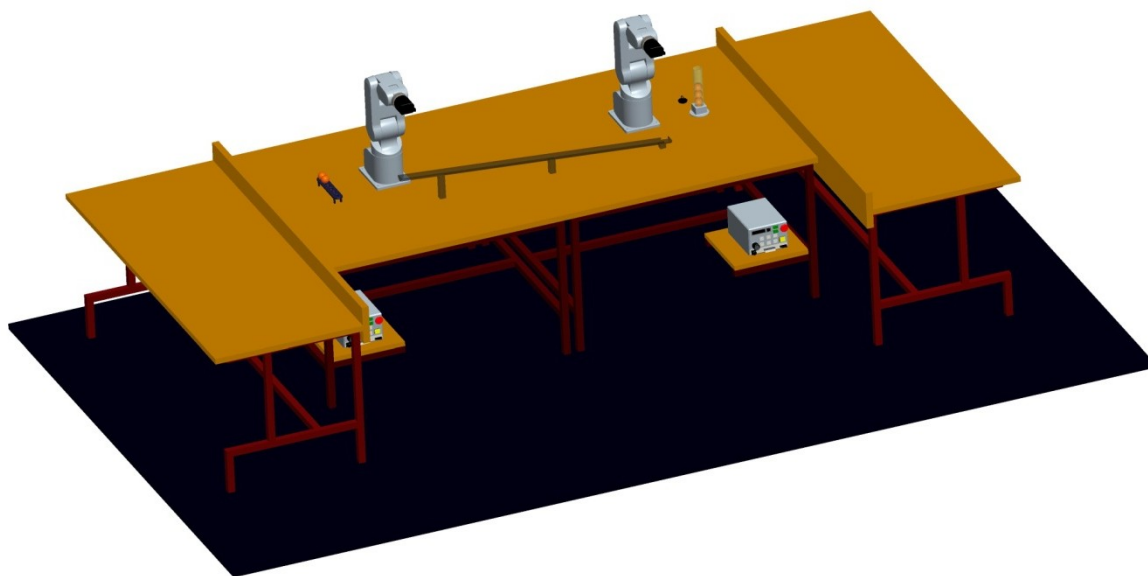


Obr. 11 – 3D model kostky

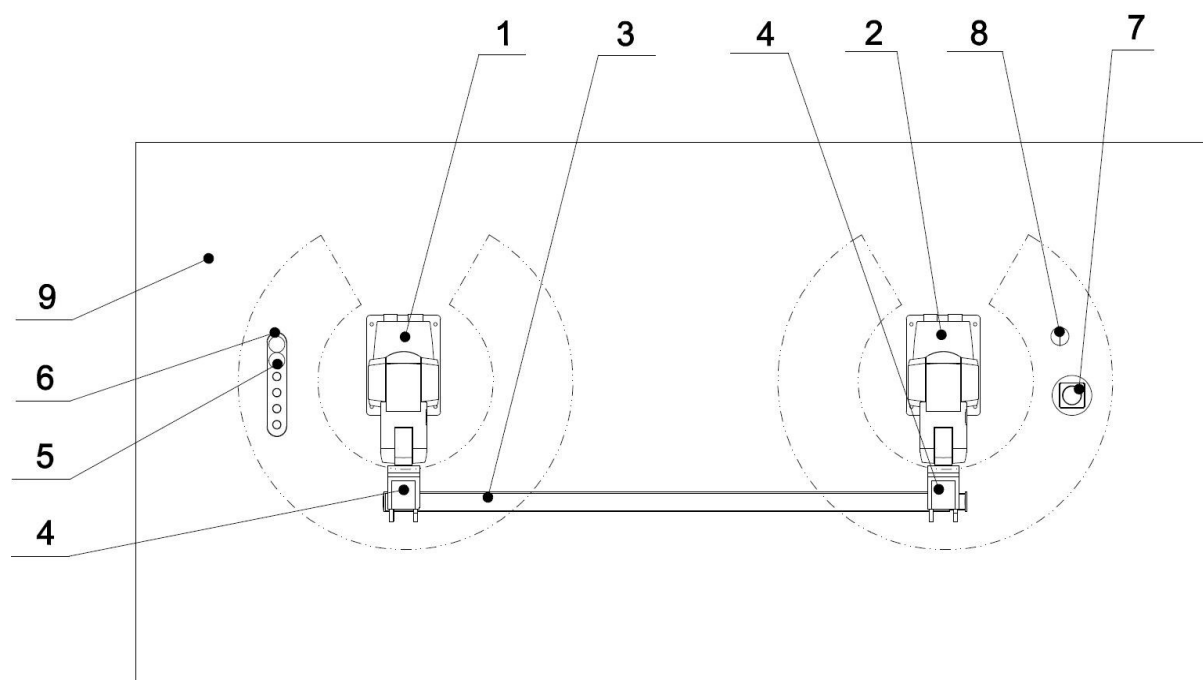
2.4 Varianta C

2.4.1 Popis:

V poslední variantě je navrženo manipulační RTP pro vkládání pingpongových míčku do válcového boxu a následném uzavření víkem boxu. Pingpongové míčky jsou za sebou uloženy na vstupním zásobníku (pozice 6). První průmyslový robot MITSUBISHI RV-2AJ (pozice 1) uchopí do efektoru (pozice 4) objekt manipulace, kterým je pingpongový míček (pozice 5) a vloží jej na horní část skluzu (pozice 3). Pingpongový míček sklouzne k spodnímu konci skluzu, kde jej uchopí druhý průmyslový robot MITSUBISHI RV-2AJ (pozice 2), vyjme ze skluzu a uloží do plastového, válcového boxu (pozice 8), který je umístěn v plastovém držáku proti vyvrácení. Celkem bude do boxu uloženo 6 pingpongových míčku. Po vložení posledního míčku, druhý robot uchopí víko boxu a uzavře ho.



Obr. 12 – 3D model pracoviště varianty C



Obr. 13 – Schéma pracoviště varianty C

POZICE:

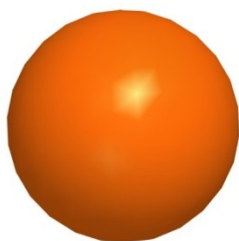
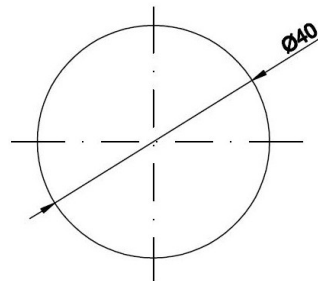
- [1] Průmyslový robot MITSUBISHI RV-2AJ – „1.“
- [2] Průmyslový robot MITSUBISHI RV-2AJ – „2.“
- [3] Skluz
- [4] Efektor MITSUBISHI
- [5] Objekt manipulace – pingpongový míček
- [6] Vstupní zásobník
- [7] Plastový válcový box
- [8] Víko boxu
- [9] Pracovní stůl

2.4.2 Objekt manipulace

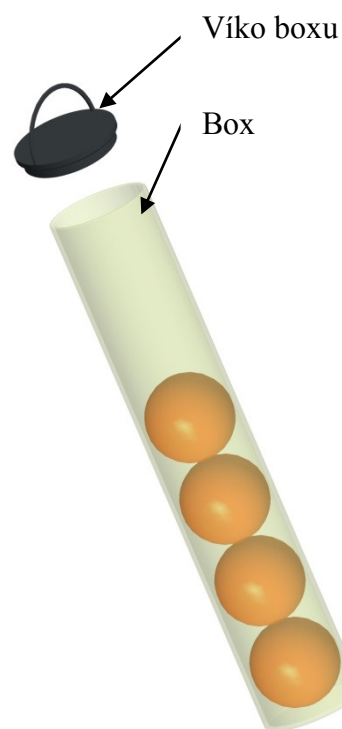
Objektem manipulace poslední varianty C jsou pingpongové míčky o průměru 40 mm, které se vkládají do průhledného plastového boxu.

Popis	Pingpongový míček
Materiál	Plast
Hmotnost	0,024 kg
Počet	6 ks

Tab. 7 – OM varianty C



Obr. 14 – 3D model pingpongového míčku



Obr. 15 – 3D model boxu

3 Výběr optimální varianty

Výběr optimální varianty se provádí pomocí hodnotové analýzy.

3.1 Hodnoty kritérií

Pro hodnocení jednotlivých variant v kritériích byla sestavena šestibodová stupnice.

UROVEŇ KRITÉRIA	HODNOTY
Vysoká	6
Průměrná	5
Dobrá	4
Nízká	3
Nevyhovující	2
Nepříznivý stav	1

Tab. 8 – Bodová stupnice hodnocení

3.2 Významnost kritérií

VÝZNAMNOST KRITÉRIÍ	HODNOTA
Nejvyšší	2
Nejnižší	1

Tab. 9 – Významnost kritérií

3.3 Hodnocení jednotlivých kritérií

Označení kritéria	Kritérium	Charakteristika kritéria	Varianty řešení		
			A	B	C
K1	Náklady	<i>Veškeré pořizovací náklady RTP</i>	3	4	5
K2	Objekt manipulace (OM)	<i>Dostupnost OM</i>	5	5	4
K3	Realizace	<i>Využitelnost pracoviště v praxi</i>	5	5	4
K4	Programování	<i>Náročnost na programování</i>	3	4	5
K5	Spolehlivost	<i>Možný výskyt kritických chyb při přemísťování OM</i>	3	4	3

Tab. 9 – Zhodnocení kritérií jednotlivých variant

3.4 Určení významnosti metodou trojúhelníku párů

Porovnávané páry kritérií				Počet voleb v	Pořadí
K1	K1	K1	K1	1	4. - 5.
K2	K3	K4	K5		
	K2	K2	K2	1	4. - 5.
	K3	K4	K5		
		K3	K3	4	1.
		K4	K5		
			K4	2	2. - 3.
			K5	2	2. - 3.
VYPRACOVAL: Michal Krystyn					

Tab. 10 – Metoda trojúhelníku párů podle autora bakalářské práce

Porovnávané páry kritérií				Počet voleb v	Pořadí
K1	K1	K1	K1	2	3.
K2	K3	K4	K5		
	K2	K2	K2	0	5.
	K3	K4	K5		
		K3	K3	4	1.
		K4	K5		
			K4	1	4.
			K5	3	2.
VYPRACOVAL: Miroslav Buček					

Tab. 11 – Metoda trojúhelníku párů podle osloveného experta

3.5 Určení váhy významnosti

Kritérium	Váha významnosti q
K1	1,5
K2	0,5
K3	4
K4	1,5
K5	2,5

Tab. 12 – Váha významnosti

Váha významnosti q byla určena podle následujícího vzorce:

$$q = \frac{\sum (v_1)_i}{p} = \frac{3}{2} = 1,5 \quad (1)$$

$(v_1)_i$ - součet počtu voleb K1 jednotlivými znalci

p - počet znalců

Příklad je určen pro kritérium K1. Řešení pro následující kritéria se počítají obdobně.

3.6 Hodnocení jednotlivých variant

VARIANTA A			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	3	1,5	4,5
K2	5	0,5	2,5
K3	5	4	20
K4	3	1,5	4,5
K5	3	2,5	7,5
Celkový součet indexu varianty A			39

Tab. 13 – Zhodnocení varianty A

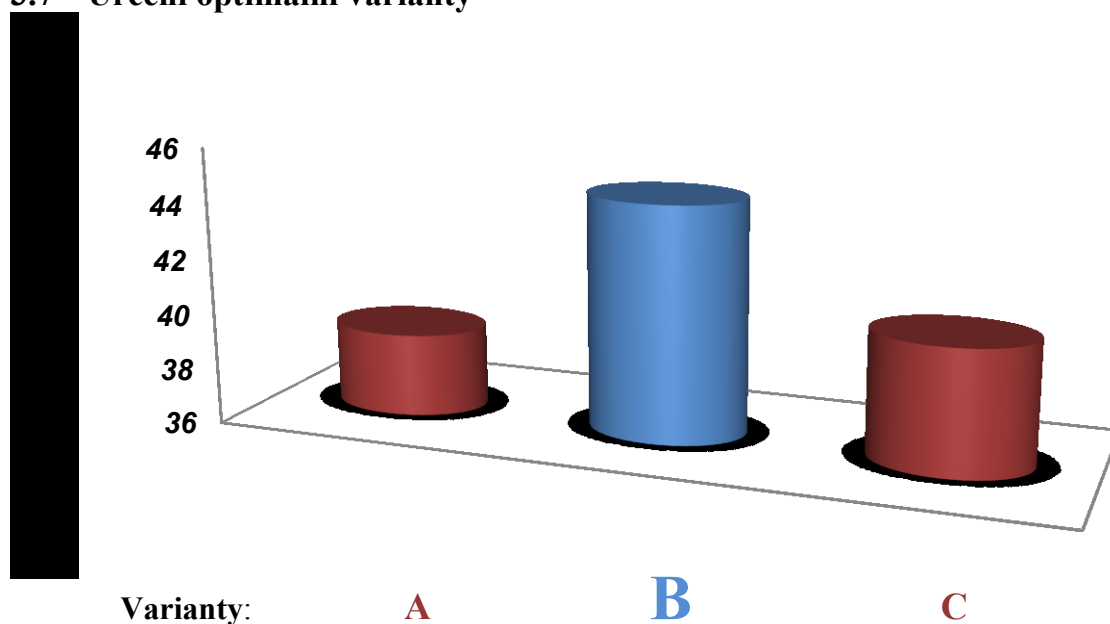
VARIANTA B			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	4	1,5	6
K2	5	0,5	2,5
K3	5	4	20
K4	4	1,5	6
K5	4	2,5	10
Celkový součet indexu varianty B			44,5

Tab. 14 – Zhodnocení varianty B

VARIANTA C			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	5	1,5	7,5
K2	4	0,5	2
K3	4	4	16
K4	5	1,5	7,5
K5	3	2,5	7,5
Celkový součet indexu varianty C			40,5

Tab. 15- Zhodnocení varianty C

3.7 Určení optimální varianty

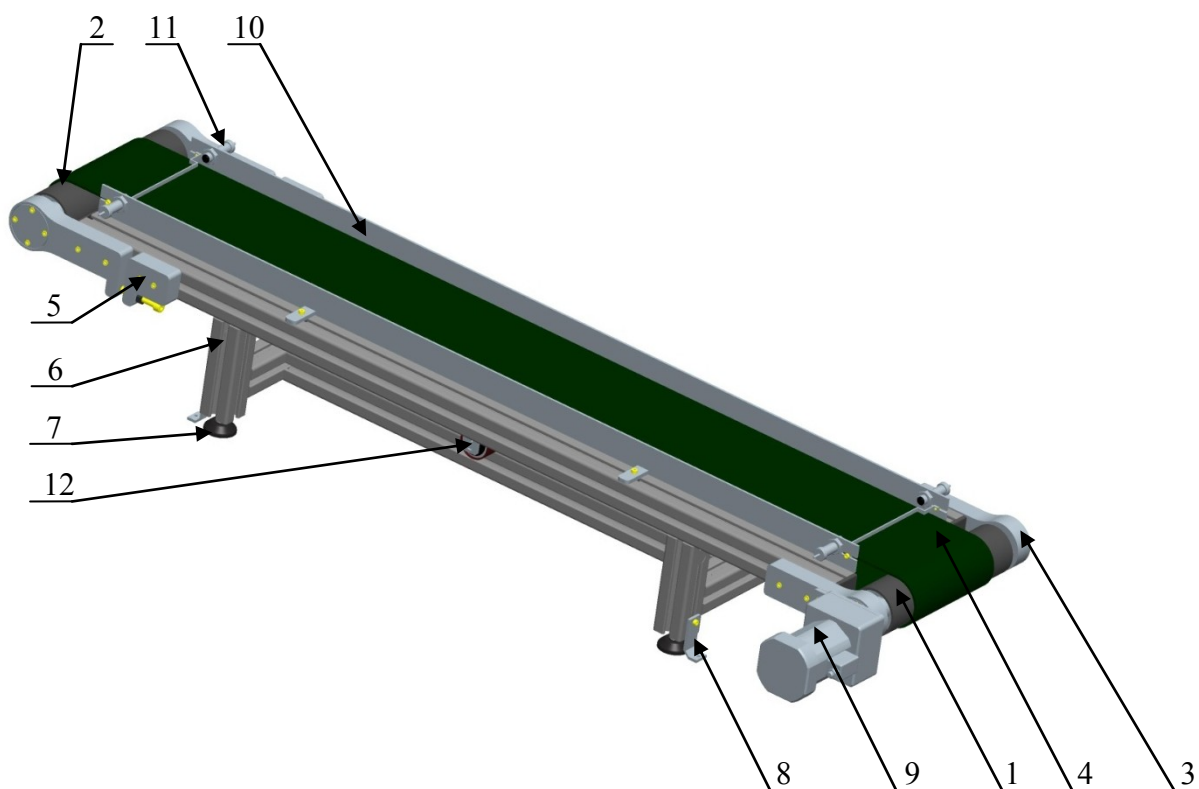


Graf 2 - Porovnání vážených indexu jednotlivých variant

Na základě součtu vážených indexů byl vypracován graf, z kterého je viditelné, že optimální variantou je **varianta B** – manipulace s kostkami.

4 Konstrukční řešení pásového dopravníku

Pásový dopravník je specializované strojní zařízení používáno zejména k přepravě sypkých či polotekutých hmot na kratší vzdálenost. Může se ale jednat i o přepravu jednotlivých menších předmětů, např. zavazadel, balíků apod. Ve variantě pracoviště byl zvolen pásový dopravník pro přepravu dřevěných kostek o rozměru 50 x 50mm.



Obr. 16 - 3D model pásového dopravníku

Popis:

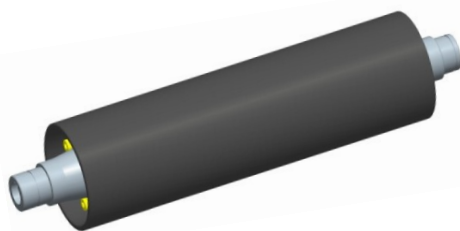
1 – Hnací buben, 2 – Hnaný buben, 3 – Ložiskový domek, 4 – Dopravníkový pás, 5 – Napínací zařízení, 6 – Konstrukce dopravníku, 7 – Stavitelná noha, 8 – Kotvení, 9 – Motor, 10 – Ochranné vedení, 11 – Optický snímač, 12 – Opěrný váleček

Pásový dopravník	
Rozměry (délka x šířka x výška):	1200 mm x 300 mm x 200 mm
Dopravní délka:	1100 mm
Požadovaná rychlost (v):	0,2 m/s
Požadovaný dopravní výkon (N):	600 ks/h

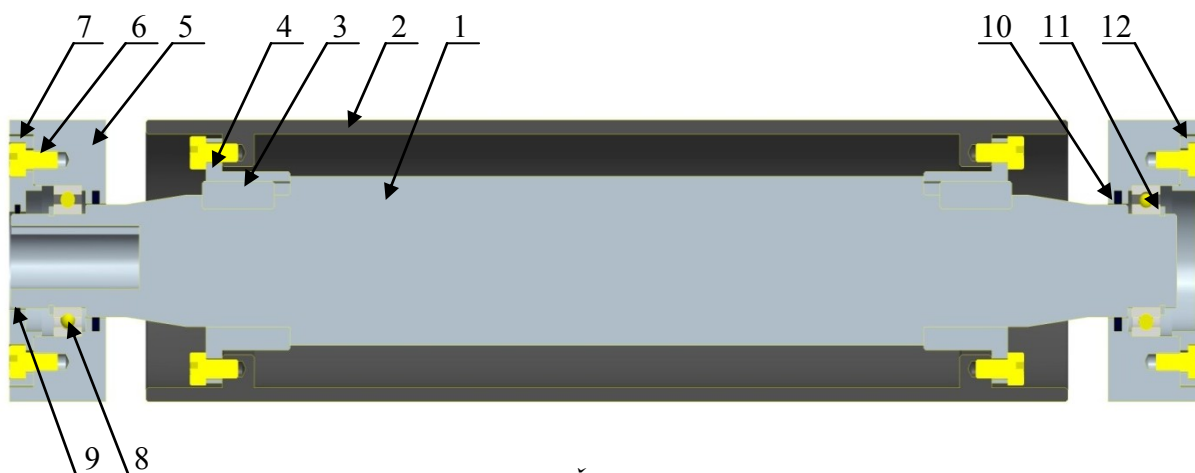
Tab. 16 – Základní parametry dopravníku

4.1 Hnací buben

Je to konstrukční prvek, který převádí krouticí moment ze zdroje energie (Motor) na unášecí prostředek dopravníku (dopravníkový pás). Hnací buben je pogumován, k výslednému snížení tření.



Obr. 17 - hnací buben



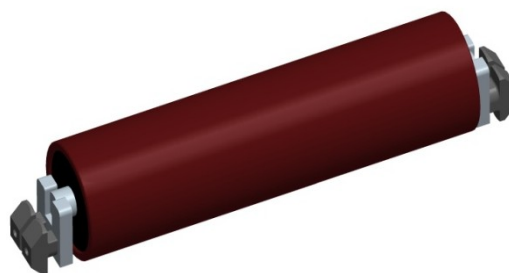
Obr. 18 - Řez hnacím bubnem

POZICE:

- [1] Hnací hřídel
- [2] Hnací buben
- [3] Pero těsné 4e7 x 4 x 25 ČSN 02 2562
- [4] Víko bubnu
- [5] Ložiskový domek
- [6] M4 x 8 ISO 4762 – 12.9
- [7] Víko ložiskového domku - průchozí
- [8] Ložisko 61904
- [9] Těsnicí kroužek 20 x 24 ČSN 02 9310.1
- [10] Těsnicí kroužek 24 x 30 ČSN 02 9310.1
- [11] Pojistný kroužek 20 ČSN 02 2930
- [12] Víko ložiskového domku – neprůchozí

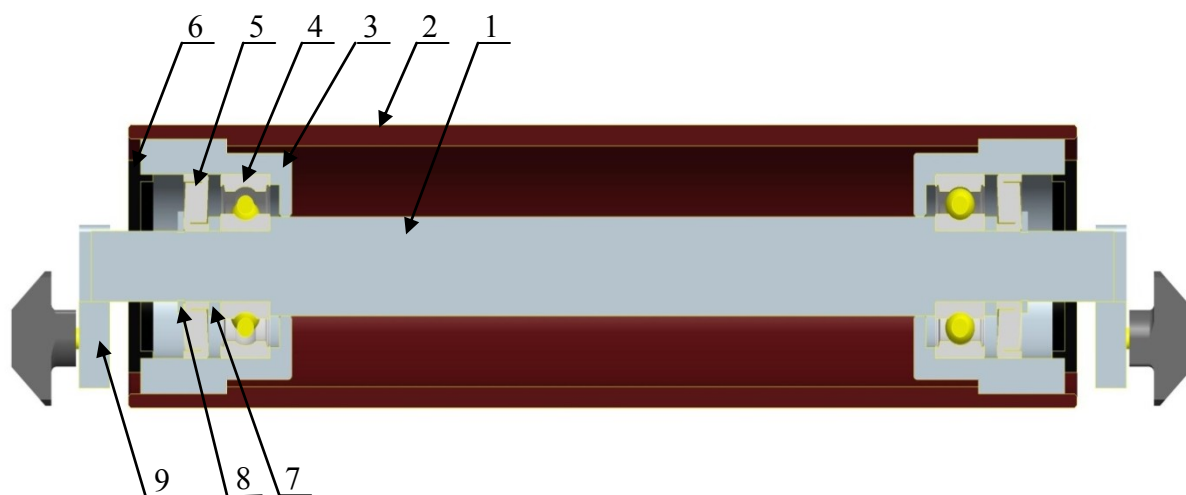
4.2 Opěrný váleček

Je to konstrukční prvek, zprostředkující přenos zatížení z dopravního pásu do konstrukce dopravníku. Zajišťuje vedení dopravního pásu a vytvoření dopravního profilu. V horní větvi dopravníku jsou umístěny dva opěrné válečky a v dolní větvi jeden opěrný váleček.



Obr. 19 - Opěrný váleček

Nevýhodou opěrných válečků je vysoká pořizovací cena než u opěrného vedení. Naopak výhodou je nižší tření, tzn. menší opotřebení dopravníkového pásu a dalších součástí.



Obr. 20 - Řez opěrným válečkem

POZICE:

- [1] Hřídel válečku
- [2] Válec
- [3] Pouzdro
- [4] Ložisko 6000 ČSN 02 4630
- [5] Lamelové těsnění
- [6] Plastový kryt
- [7] Kroužek
- [8] Pojistný kroužek 10 ČSN 02 2930
- [9] Držák válečku

4.3 Dopravníkový pás

Je to konstrukční prvek vytvořený z pružných částí, mající schopnost přenášení osových sil. Byl zvolen dopravní pás od firmy GUMEX s označením F22-11 a šířkou 150mm.

GUMEX PVC F22-11	
Šířka:	150 mm
Tloušťka:	3,1 mm
Min. průměr bubnu:	50 mm
Hmotnost:	3,4 kg/m ²
Pevnost:	10 N/mm
Pracovní teplota:	od -10°C do +90°C
Barva:	zelená



Obr. 21 - Pás GUMEX ([9])

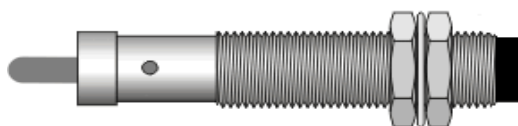
Tab. 17 – Technické parametry pásu ([9])

4.4 Optický snímač

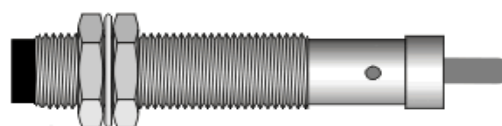
K zastavení pásového dopravníku byl použit optický snímač firmy KOTLIN SENZORY. Funguje na principu jednocestné světelné závory, kdy po přerušení infračerveného paprsku dojde k zastavení dopravníku. Snímač se skládá z dvou samostatných částí, z přijímače a vysílače.

Optický snímač	
<i>Typ:</i>	KS96 IRV012
<i>Výrobce:</i>	Kotlín senzory
<i>Rozměr závitu:</i>	M12x1
<i>Dosah:</i>	1,5 m
<i>Druh světla:</i>	Infračervené světlo
<i>Provozní teplota:</i>	0°C až + 80°C

Tab. 18 – Technické parametry snímače ([12])



Obr. 22 – Přijímač ([12])



Obr. 23 – Vysílač ([12])

4.5 Konstrukce dopravníku

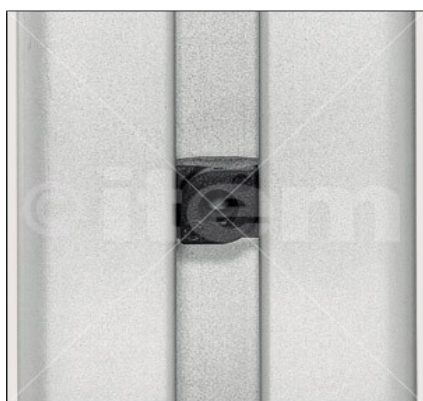
Konstrukce dopravníku je tvořena hliníkovými profily firmy ITEM o rozměru 40x40mm. Výhodou těchto profilů oproti klasické konstrukci je malá hmotnost, jednoduché sestavení pomocí univerzálních šroubů a matic, odpadá svařování, broušení, povrchové úpravy, vrtání atd. ([11])



Obr. 24 - Profil 8 – 40x40mm ([11])



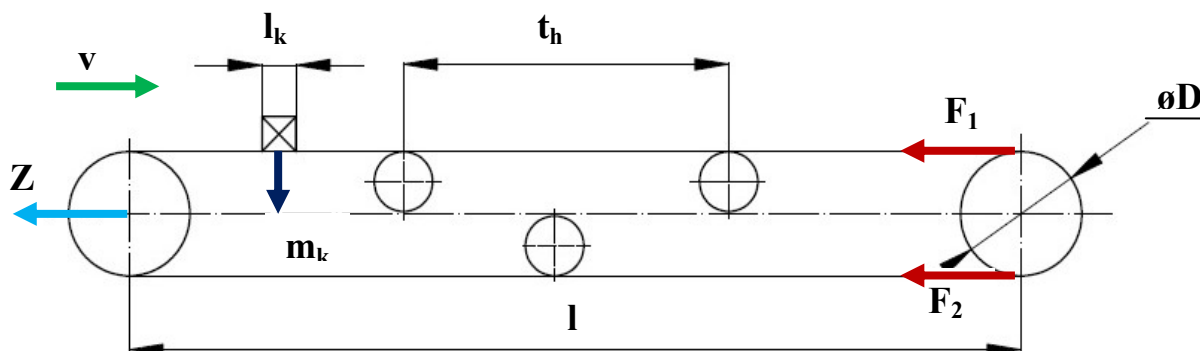
Obr. 25 - Univerzální spoj profilů ([11])



Obr. 26 - T – matice pro připevnění ostatních součástí ([11])

4.6 Výpočet pásového dopravníku

Hodnoty: $\varnothing D = 0,06 \text{ m}$ $l_k = 0,050 \text{ m}$ $l = 1100 \text{ m}$
 $t_h = 0,4 \text{ m}$ $v = 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $m_k = 0,112 \text{ kg}$



Obr. 27 - Výpočtové schéma dopravníku ([4])

D ... průměr hnacího a hnaného bubnu	[m]
F_1 ... maximální tah v pásu – v místě náběhu na buben	[N]
F_2 ... maximální tah v pásu na sbíhající straně bubnu	[N]
l_k ... rozměr objektu manipulace (kostky)	[m]
l ... dopravní délka	[m]
m_k ... hmotnost objektu manipulace (kostky)	[kg]
t_h ... rozteč válečků v horní větvi	[m]
v ... rychlost	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$
Z ... napínací síla	[N]

Dopravní výkon – N:

$$N = \frac{k \cdot v \cdot 3600}{l} = \frac{1 \cdot 0,2 \cdot 3600}{1200} = 600 \text{ ks} \cdot \text{hod}^{-1} \quad (2)$$

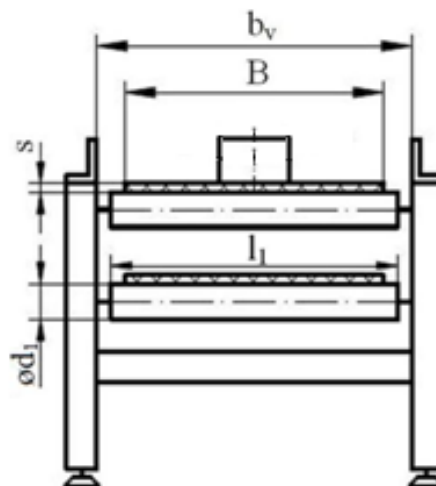
Hmotnost dopravovaného materiálu na dopravníku – m_l :

$$m_l = m_k \cdot k = 0,112 \cdot 1 = 0,112 \text{ kg} \quad (3)$$

Hodnoty: $B = 0,150 \text{ m}$ $b_v = 0,170 \text{ m}$ $l_1 = 0,150 \text{ m}$

$s = 3,1 \text{ mm}$ $m_v = 3,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$

B ... šířka pásu	[m]
b_v ... světlá šířka	[m]
d_1 ... průměr opěrného válečku	[m]
l_1 ... délka opěrného válečku	[m]
m_v ... hmotnost 1 m^2 pásu	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}]$
s ... síla pásu	[m]



Obr. 28 - Schematický řez dopravníkem ([4])

Hmotnost dopravovaného materiálu na 1m délky dopravníku – q_1 :

$$q_1 = \frac{m_k}{l} = \frac{0,112}{1,2} = 0,093 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \quad (4)$$

Hmotnost 1m pásu – q_2 :

$$q_2 = B \cdot (1,3 \cdot s + m_v) = 0,15 \cdot (1,3 \cdot 3,1 + 3,4) = 1,11 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \quad (5)$$

Hmotnost rotujících částí válečků v horní větvi dopravníku – q_{rh} :

$$q_{rh} = \frac{m_{rh} \cdot n_h}{t_h} = \frac{1,24 \cdot 2}{0,4} = 8,27 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \quad (6)$$

Hmotnost rotujících částí válečků dolní větve dopravníku – q_{rd} :

$$q_{rd} = \frac{m_{rd} \cdot n_d}{t_d} = \frac{1,24 \cdot 1}{0,6} = 2,04 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \quad (7)$$

Stanovení hlavního odporu v horní větvi dopravníku – F_{Hh} :

$$F_{Hh} = \mu \cdot l \cdot g \cdot [q_1 + q_2 + q_{rh}] \quad (8)$$

$$F_{Hh} = 0,0214 \cdot 1,2 \cdot 9,81 \cdot [0,093 + 1,11 + 8,27] = \mathbf{2,386\ N}$$

Globální součinitel tření - μ

$$\mu = \mu_1 \cdot k_1 = 0,02 \cdot 1,07 = 0,0214 \quad (9)$$

Stanovení hlavního odporu v dolní větvi dopravníku – F_{Hd} :

$$F_{Hd} = \mu \cdot l \cdot g \cdot [q_2 + q_{rd}] = 0,0214 \cdot 1,2 \cdot 9,81 \cdot [1,11 + 2,07] = \mathbf{0,801\ N} \quad (10)$$

Stanovení vedlejších odporů – F_{v2} , F_{v3} :

Odpor vlivem ohybu pásu přes bubny je předběžně odhadnut na 100 N pro jeden buben.

$$F_{v2} = 200\ N \quad (11)$$

Odpor vlivem čepového tření u nepoháněných bubnů je odhadnut na 100 N na jeden buben.

$$F_{v3} = 100\ N \quad (12)$$

Maximální tah v pásu:

V místě náběhu pásu na hnací buben – F_1

$$F_1 = \frac{Z}{2} + F_{Hh} + F_{v2} + F_{v3} \quad (13)$$

Tah v pásu na sbíhající straně hnacího bubnu – F_2

$$F_2 = \frac{Z}{2} - F_{Hd} \quad (14)$$

Obvodová síla na hnacím bubnu – F

$$F = F_1 - F_2 \quad (15)$$

$$F = F_{Hh} + F_{Hd} + F_{v2} + F_{v3}$$

$$F = 2,386 + 0,801 + 200 + 100 = \mathbf{303,187\ N}$$

Požadovaný výkon na hřídeli hnacího bubnu – P:

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta} = \frac{303,187 \cdot 0,2}{0,8} = \mathbf{75,8 \text{ W}} \quad (16)$$

Účinnost převodu $\eta = 0,8$.

Velikost napínací síly – Z:

$$Z = 2 \cdot (F_2 + F_{Hd}) \quad (17)$$

Síla F_2 lze vyjádřit v závislosti na F

$$F_2 = F \cdot \frac{1}{e^{\alpha \cdot f}} = 303,187 \cdot \frac{1}{e^{\pi \cdot 0,3} - 1} = \mathbf{193,72 \text{ N}} \quad (18)$$

Součinitel tření mezi pásem a bubnem $f = 0,3$.

Úhel opásání v obloukové míře $\alpha = 180^\circ$.

$$Z = 2 \cdot (193,72 + 0,801) = \mathbf{389,042 \text{ N}}$$

Doporučuje se napínací sílu zvětšit o 5÷10 %.

Hodnota napínací síly bude 410 N.

Kontrola pevnosti tažného orgánu

Maximální tah v pásu po korekci napínací síly

$$F_1 = \frac{Z}{2} + F_{Hh} + F_{v2} + F_{v3} = \frac{410}{2} + 2,386 + 200 + 100 = \mathbf{507,39 \text{ N}} \quad (19)$$

Dovolený tah v pásu je 12N na 1mm šířky, to znamená, že pro pás široký 250mm je dovolená tahová síla $F_D=1800 \text{ N}$.

$$F_1 \leq F_D \quad (20)$$

$$507,39 \text{ N} \leq 1800 \text{ N} \Rightarrow$$

\Rightarrow pás pevnostně vyhovuje s tříapůlnásobnou bezpečností.

Otáčky bubnu - n_B :

$$n_B = \frac{v}{\pi \cdot D} = \frac{0,2}{\pi \cdot 0,06} = 0,1,06 \text{ ot} \cdot \text{s}^{-1} = \mathbf{63,7 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}} \quad (21)$$

Potřebný krouticí moment motoru - M_k

$$M_k = \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n_B} = \frac{75,8 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 63,7} = \mathbf{11,4 \text{ N} \cdot \text{m}} \quad (22)$$

4.7 Volba motoru

Dle vypočteného výkonu, otáček na hřídeli a krouticího momentu, byl zvolen jednofázový reverzní motor s převodovkou od firmy DKM s označením 9RDGE-90FP. Firma se specializuje na výrobu motorů jak pro velké, tak i pro malé dopravníky.

Motor 9RDGE-90FP	
Výrobce:	DKM
Výkon:	90 W
Převodový poměr:	24
Otáčky:	64 ot · min ⁻¹
Krouticí moment:	12 N · m

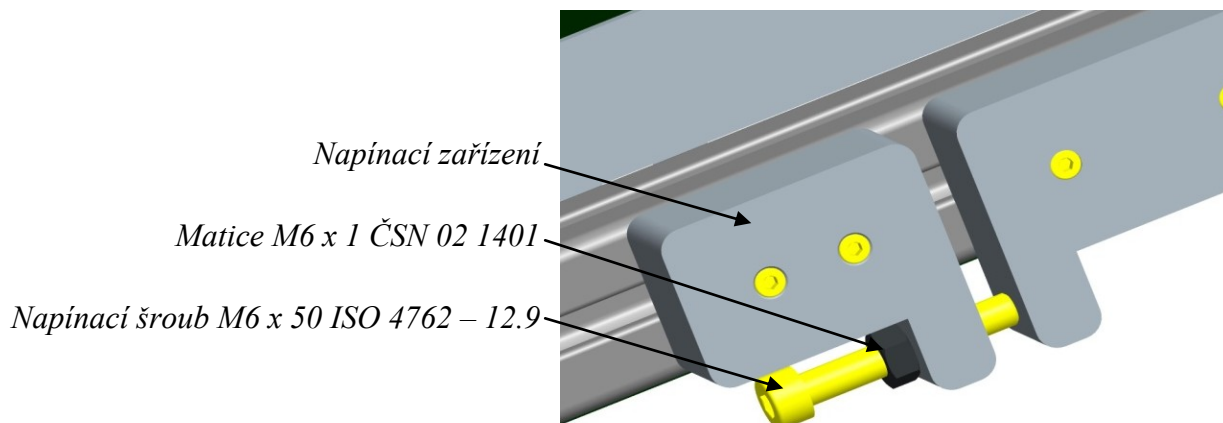
Tab. 19 – Technické parametry motoru ([13])



Obr. 29 - Motor 9RDGE-90FP ([13])

4.8 Napínací zařízení

Zamezuje prokluzování hnacího bubnu a průhyb dopravního pásu mezi opěrnými válečky. Zajišťuje potřebné předpětí dopravníkového pásu pro přenos tažné síly třením z hnacího bubnu. Bylo zvoleno napínání pomocí tlačného šroubu.



Obr. 30 - Napínací zařízení

5 Časová studie

V tabulce časové studie jsou zapsány jednotlivé časy manipulačních operací a celkový čas jednoho procesu.

OPERACE	ČAS [s]
1. OPERACE	
Uchopení kostky a přemístění z podkladové desky 1 na pásový dopravník	5s
Přesun kostky po pásovém dopravníku	7s
Uchopení kostky a přemístění z pásového dopravníku na podkladovou desku 2	5s
<i>Celkový čas přesunu jedné kostky</i>	<i>17s</i>
<i>Celkový čas přesunu deseti kostek</i>	<i>170s</i>
2. OPERACE	
Uchopení kostky a přemístění z podkladové desky 2 na pásový dopravník	5s
Přesun kostky po pásovém dopravníku	7s
Uchopení kostky a přemístění z pásového dopravníku do výchozí polohy na podkladovou desku 1	5s
<i>Celkový čas přesunu jedné kostky</i>	<i>17s</i>
<i>Celkový čas přesunu deseti kostek</i>	<i>170s</i>
<i>Celkový čas obou operací</i>	<i>340s</i>

Tab. 20 – Časová studie operací

6 Cenová studie

Tato kapitola se zabývá cenovou studií výsledné varianty RTP pro manipulaci v laboratoři UCR. Jsou zde uvedeny ceny jednotlivých dílů pásového dopravníku a celková cena na jeho sestavení.

JEDNOTLIVÉ DÍLY	MNOŽSTVÍ [ks]	CENA 1 ks [Kč]	CELKOVÁ CENA [Kč]
Profil – 8 40x40x170 mm	2	62	124
Profil – 8 40x40x125 mm	4	46	184
Profil – 8 40x40x620 mm	1	230	230
Profil – 8 40x40x1100 mm	2	400	800
Motor 9RDGE-90FP	1	3900	3900
Pás GUMEX F22-11	1	1200	1200
Optický snímač	4	500	2000
Stavitelná noha	4	120	480
Kotvení	4	100	400
Univerzální spoj	10	60	600
T-matice M4	26	30	780
Šroub M4	26	6	156
<i>Celková cena pásového dopravníku</i>			<i>10854</i>

Tab. 21 – Cenová studie

7 Závěr

Zadáním bakalářské práce bylo navrhnout jednoduché manipulační pracoviště se dvěma roboty firmy MITSUBISHI s označením RV-2AJ, které se nachází v laboratoři UCR.

V úvodní kapitole bakalářské práce byla provedena analýza možnosti využití robotů Mitsubishi v laboratoři UCR. Byly vypsány základní technické parametry daného robotu, dále načrtnutý pracovní prostor a kinematická struktura robotu. Následně byly vypsány operace, ve kterých se daný robot používá a zakresleny do grafu.

V druhé kapitole jsou uvedeny požadavky na pracoviště, které musí být bezpodmínečně dodrženy. Na jejich základě byl proveden návrh tří variant jednoduchého manipulačního pracoviště se dvěma roboty MITSUBISHI RV-2AJ. Každá varianta byla podrobně popsána a vymodelována v 3D programu Pro/Engineer.

V následující kapitole byl proveden výběr optimální varianty. Nejprve byly navrženy hodnoty kritérií, poté byla zvolena vhodná stupnice hodnocení. Na základě metody trojúhelníku páru, provedená autorem bakalářské práce a osloveným expertem a určení váhy významnosti, bylo provedeno hodnocení jednotlivých variant, z kterého vzešla optimální varianta, varianta B – manipulace s kostkami.

Ve čtvrté kapitole bakalářské práce byl vypracován vybraný konstrukční uzel výsledné varianty, kterým je pásový dopravník. Jeho dopravní délka je 1100 mm a požadovaná rychlost 0,2 m/s. Na pásovém dopravníku byl použit dopravníkový pás od firmy GUMEX s šířkou 150mm. Konstrukce dopravníku je tvořena hliníkovými profily od firmy ITEM. K zastavení pásového dopravníku a vymezení polohy kostky byl použit optický snímač, který dodává firma KOTLIN SENZORY. Snímač funguje na principu jednocestné světelné závory. Dále k vymezení polohy kostky na dopravníkovém pásu slouží stavitelný ohýbaný plech, který je přišroubovaný k vedení dopravníku. Pomocí provedených výpočtů pásového dopravníku, byl zvolen jednofázový reverzní motor s převodovkou od firmy DKM s označením 9RDGE-90FP.

V závěru bakalářské práce byla provedena časová studie a následně cenová studie optimální varianty.

Bakalářská práce je doložena dispozičním výkresem haly, dispozičním výkresem výsledného pracoviště a sestavným výkresem pásového dopravníku.

8 Reference

8.1 Literatura

- [1] BURKOVIČ, J. *Navrhování RTP*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 2002. 114 s. ISBN 80-248-0217-1.
- [2] KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: části spojovací*. 1. Vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 2007. 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [3] LEINVEBER, J. – VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 1. vydání. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2003. 864 s. ISBN 80-868490-74-2.
- [4] MARTÍNEK, P. *Transportní zařízení*. 1. Vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 1993. 112 s. ISBN 80-7078-165-3.
- [5] POLÁK, J. – PAVLISKA, J. – HRABOVSKÝ, L. *Dopravní a manipulační zařízení II*. 1. Vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 2005. 109 s. ISBN 80-248-0493-X.
- [6] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 2007. 260 s. ISBN 978-80-248-1522-0.

8.2 Internetové zdroje

- [7] *Roboty Mitsubishi* [online]. [citováno 20. 4. 2011]. Dostupné z [www: <http://www.robots.com/mitsubishi.php?robot=rv-2aj>](http://www.robots.com/mitsubishi.php?robot=rv-2aj).
- [8] *Řídicí jednotka Mitsubishi CR1B-571* [online]. [citováno 20. 4. 2011]. Dostupné z [www: <http://www.autocontrol.cz/rs/download/manual/RHSH_CZ.pdf>](http://www.autocontrol.cz/rs/download/manual/RHSH_CZ.pdf).
- [9] *Dopravníkový pás Gumex* [online]. [citováno 20. 4. 2011]. Dostupné z [www: <http://www.gumex.cz/dopravnikove-pasy/dopravnikove-pasy-pvc/>](http://www.gumex.cz/dopravnikove-pasy/dopravnikove-pasy-pvc/).
- [10] *Ložiska SKF* [online]. [citováno 20. 4. 2011]. Dostupné z [www: <http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&lang=cs&newlink=1_1_3>](http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&lang=cs&newlink=1_1_3).
- [11] *Konstrukce dopravníku ITEM* [online]. [citováno 20. 4. 2011]. Dostupné z [www: <http://catalog.item24.com/index.php?cat=c1000018499_MB-Systembaukasten-f--r-den-Maschinenbau-.html>](http://catalog.item24.com/index.php?cat=c1000018499_MB-Systembaukasten-f--r-den-Maschinenbau-.html).

- [12] *Optický snímač* [online]. [citováno 20. 4. 2011]. Dostupné z www:
< <http://www.kotlinsenzory.cz/cs/snimace/opticke/vyhledavani-opticke.html> >.
- [13] *Motor DKM* [online]. [citováno 20. 4. 2011]. Dostupné z www:
<http://www.raveo.cz/sites/default/files/dkm/katalogy/motory/3.Reversible_motor%286W~120W%29.pdf>.

9 Seznam příloh

- A** Výpočet napínacího zařízení
- B** Výpočet těsného pera 6e7 x 6 x 18 ČSN 02 2562
- C** Výpočet těsného pera 4e7 x 4 x 25 ČSN 02 2562
- D** 3D model výsledné varianty pracoviště
- E** 3D model pásového dopravníku

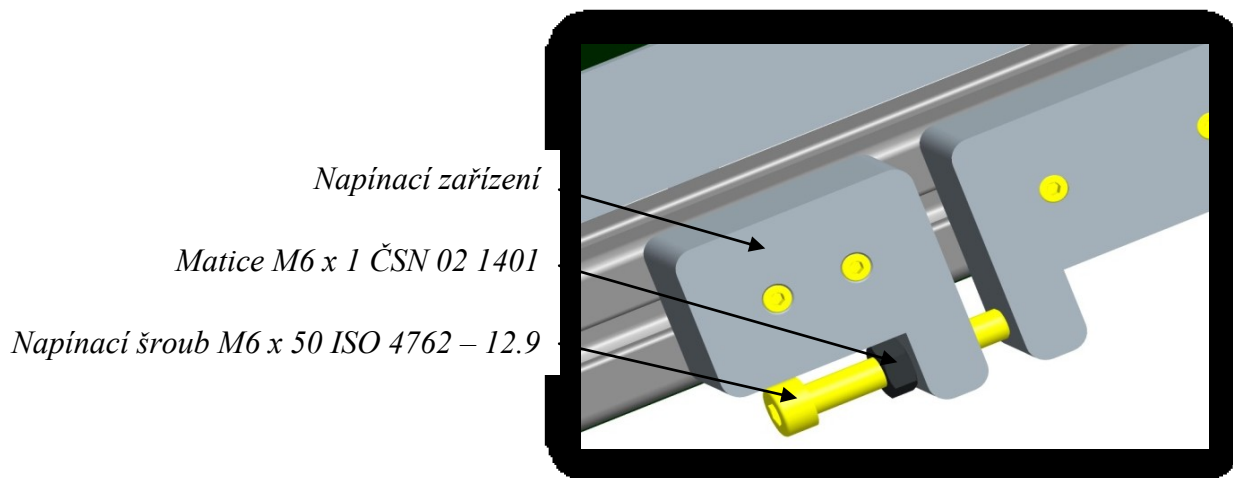
Dispoziční výkres pracoviště: 1 – KRY080 – 01 – 01

Dispoziční výkres haly: 4 – KRY080 – 01 – 02

Sestavný výkres pásového dopravníku: 0 – KRY080 – 02 – 01

CD-ROM: Krystyn, M. Bakalářská práce 2011

A Výpočet napínacího zařízení



Pro šroub třídy 12.9 : $R_m = 1200 \text{ MPa}$

$R_e = 1080 \text{ MPa}$

$$\sigma_t = \frac{Z}{S} \leq \sigma_{Dt}$$

$$\sigma_{Dt} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{1080}{3} = 360 \text{ MPa}$$

$$S = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = \frac{\pi \cdot 4,773^2}{4} = 17,89 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{Z}{S} = \frac{410}{17,89} = \mathbf{22,918 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_t \leq \sigma_{Dt}$$

$$\underline{22,918 < 360 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

B Výpočet těsného pera 6e7 x 6 x 18 ČSN 02 2562

Kontrola pera na střih:

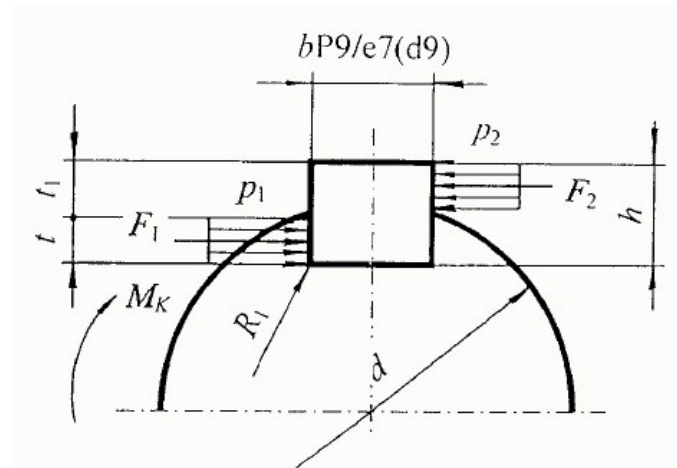
$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{Ds}$$

$$F = \frac{M_K}{\frac{d}{2}} = \frac{11400}{\frac{28}{2}} = 814,29 \text{ N}$$

$$S = l \cdot b = 18 \cdot 6 = 108 \text{ mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{814,29}{108} = 7,54 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ds} = 30 \text{ MPa}$$



$$\tau_s \leq \tau_{Ds}$$

$$7,54 < 30 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola pera na otlačení:

$$p_1 = \frac{F_1}{S} \leq \tau_{Ds}$$

$$p_d = 90 \text{ MPa}$$

$$F_1 = \frac{M_K}{\frac{d}{2} + \frac{t}{2}} = \frac{11400}{\frac{28}{2} + \frac{3,5}{2}} = 723,8 \text{ N}$$

$$S = l \cdot t = 18 \cdot 3,5 = 63 \text{ mm}^2$$

$$p_1 = \frac{F_1}{S} = \frac{723,8}{63} = 11,49 \text{ MPa}$$

$$p_1 \leq \tau_{Ds}$$

$$11,49 < 90 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

C Výpočet těsného pera 4e7 x 4 x 25 ČSN 02 2562

Kontrola pera na střih:

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{Ds}$$

$$F = \frac{M_K}{\frac{d}{2}} = \frac{11400}{\frac{12}{2}} = 1900 \text{ N}$$

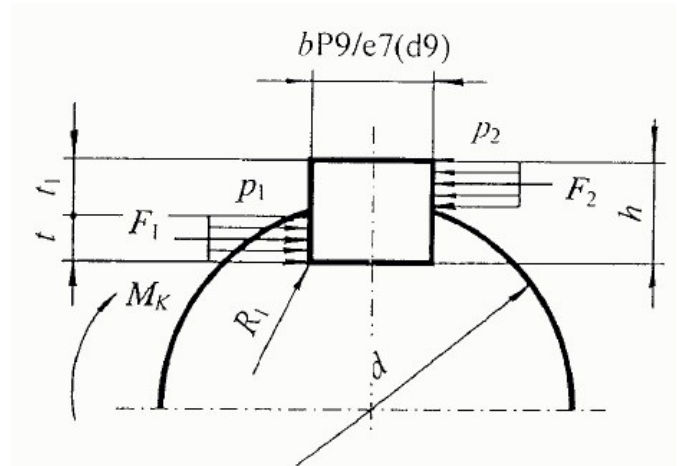
$$S = l \cdot b = 25 \cdot 4 = 100 \text{ mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{1900}{100} = \mathbf{19 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{Ds} = 30 \text{ MPa}$$

$$\tau_s \leq \tau_{Ds}$$

$$\underline{19 < 30 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$



Kontrola pera na otlačení:

$$p_1 = \frac{F_1}{S} \leq \tau_{Ds}$$

$$p_d = 90 \text{ MPa}$$

$$F_1 = \frac{M_K}{\frac{d}{2} + \frac{t}{2}} = \frac{11400}{\frac{12}{2} + \frac{2,4}{2}} = 1583,33 \text{ N}$$

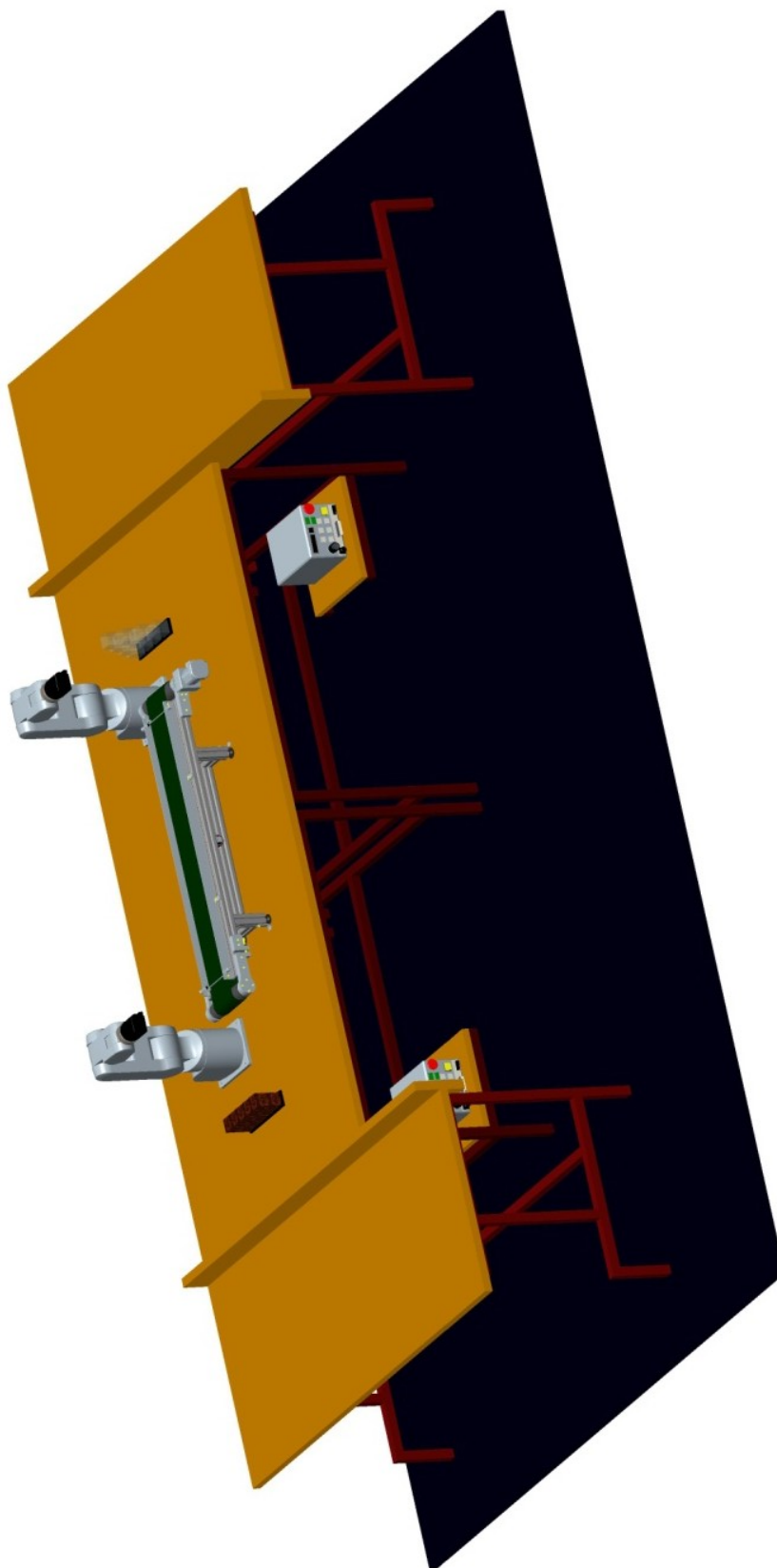
$$S = l \cdot t = 25 \cdot 2,4 = 60 \text{ mm}^2$$

$$p_1 = \frac{F_1}{S} = \frac{1583,33}{60} = \mathbf{26,389 \text{ MPa}}$$

$$p_1 \leq \tau_{Ds}$$

$$\underline{26,389 < 90 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

D 3D model výsledné varianty pracoviště



E 3D model pásového dopravníku

